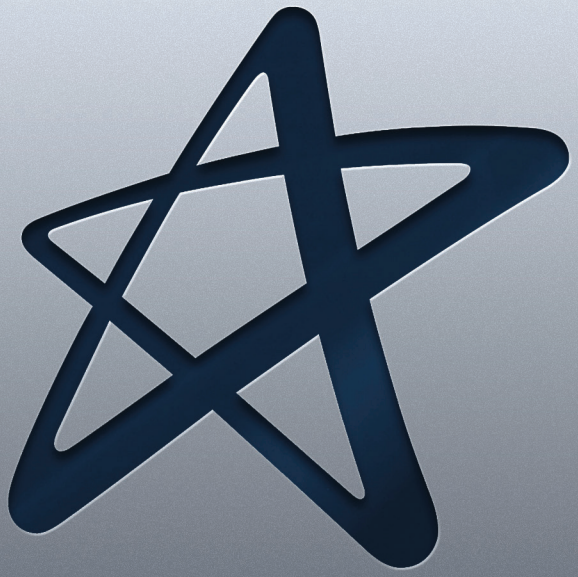
Ergonomia Aplicada ao *Design* de Interiores



Cruzeiro do Sul Virtual
Educação a distância

Material Teórico

Antropometria

Responsável pelo Conteúdo:
Prof.ª Me. Angela Costa Diniz

Revisão Textual:
Prof. Me. Claudio Brites

UNIDADE Antropometria

- Introdução;
- Variações das Medidas Humanas;
- Antropometria Estática e Dinâmica;
- Construção de Modelos Humanos;
- Aplicações de Dados Antropométricos;
- Espaço de Trabalho;
- Superfícies Horizontais;
- O Problema do Assento.

OBJETIVOS DE APRENDIZADO

- Apresentar conceitos e métodos antropométricos;
- Analisar fatores étnicos e outros que influenciam as medidas humanas;
- Explorar a aplicabilidade das tabelas de medidas.

Orientações de estudo

Para que o conteúdo desta Disciplina seja bem aproveitado e haja maior aplicabilidade na sua formação acadêmica e atuação profissional, siga algumas recomendações básicas:

Conserve seu material e local de estudos sempre organizados.
Aproveite as indicações de Material Complementar.
Procure manter contato com seus colegas e tutores para trocar ideias! Isso amplia a aprendizagem.
Determine um horário fixo para estudar.
Mantenha o foco! Evite se distrair com as redes sociais.
Seja original! Nunca plagie trabalhos.
Não se esqueça de se alimentar e de se manter hidratado.
LIVRO
NOTAS

Assim:

- ✓ Organize seus estudos de maneira que passem a fazer parte da sua rotina. Por exemplo, você poderá determinar um dia e horário fixos como seu "momento do estudo";
- ✓ Procure se alimentar e se hidratar quando for estudar; lembre-se de que uma alimentação saudável pode proporcionar melhor aproveitamento do estudo;
- ✓ No material de cada Unidade, há leituras indicadas e, entre elas, artigos científicos, livros, vídeos e *sites* para aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo da Unidade. Além disso, você também encontrará sugestões de conteúdo extra no item **Material Complementar**, que ampliarão sua interpretação e auxiliarão no pleno entendimento dos temas abordados;
- ✓ Após o contato com o conteúdo proposto, participe dos debates mediados em fóruns de discussão, pois irão auxiliar a verificar o quanto você absorveu de conhecimento, além de propiciar o contato com seus colegas e tutores, o que se apresenta como rico espaço de troca de ideias e de aprendizagem.

Introdução

Nesta unidade, veremos o que é a antropometria e quais são as suas aplicações no design, sendo a mais desafiante delas o assento. O termo Antropometria tem origem das palavras gregas *anthropos* e *metron*, que significam, respectivamente, "homem" e "medida", ou seja, o termo refere-se ao conjunto de técnicas utilizadas para medir o corpo humano e/ ou suas partes.

Os estudos sobre as proporções do corpo humano foram relatados desde a Antiguidade por filósofos, matemáticos, artistas, arquitetos, entre outros. As diferenças entre os corpos humanos já haviam sido observadas desde a publicação de *As Viagens de Marco Polo* (1273-1295), um livro em que o autor descreve a variedade de tamanho e da constituição das raças humanas ao entrar em contato com os povos asiáticos – exercendo assim, o que chamamos de ergonomia física (PANERO; ZELNIK, 1991 *apud* AÑEZ, 2000).

Leonardo Da Vinci (1452-1519) se dedicou a estudos da anatomia humana sobre cadáveres (atitude proibida na época) para representar com fidelidade o corpo humano em suas obras. O artista renascentista almejava encontrar as proporções perfeitas dos corpos, a ponto de desenhar o homem subscrito em um quadrado e em uma circunferência, chegando assim a medidas "ideais" do corpo humano que ele considerava perfeito.

Figura 1 – Estudos da anatomia humana feita por Leonardo da Vinci, e a idealização do corpo humano com proporções passíveis de serem circunscritas em um quadrado
Fonte: Getty Images

No início do século XVII, o belga Adolphe Quételet, matemático, astrônomo, estatístico e sociólogo, desenvolveu estudos sobre os comportamentos e as medidas humanas. Formulou o conceito de homem médio – não só de forma aritmética, mas também em relação a seus comportamentos –, conceito que foi contraditado nas décadas seguintes. Ele também definiu o critério para averiguar a proporcionalidade entre massa corporal e altura, o Índice de Massa Corporal (IMC), que é utilizado até hoje pela Organização Mundial da Saúde (OMS). No ano de 1870, Quételec utilizou o termo antropometria ao publicar o livro *Anthropométrie, Mesure des différentes facultés de l'homme* (Antropometria, medição das diferentes faculdades do homem).

Atualmente, muitos setores de trabalho se interessam pela antropometria. Ela é fundamental quando poucas quilogramas ou alguns centímetros significarem a viabilidade de determinado exercício – como é o caso da organização de assentos nos aviões das companhias aéreas, essas companhias necessitam ter um número mínimo de passageiros para que o voo seja rentável; ou o caso das empresas de varejo (ou *retail*), que objetivam oferecer "produtos universais" que se adaptem a consumidores por todo o mundo. Dessa forma, a padronização das dimensões dos produtos simplificaria a produção, a distribuição e o controle de seus estoques. Entretanto, veremos que tal padronização não se traduz em conforto, ou mesmo em segurança e eficácia para todos os consumidores.

Nesta unidade, também verificaremos quais são os métodos para medições e a aplicação da antropometria. Entenderemos que a antropometria considera medidas que representam uma certa população, composta por vários tipos de indivíduos com suas diversas dimensões.

Variações das Medidas Humanas

Antes de falar sobre as diferenças das medidas humanas, devemos saber como as medições são feitas e quais as variáveis definidas. Imaginamos que as medições deveriam ser confiáveis e executadas com cuidado. Para se chegar a isso, contudo, existem procedimentos a serem executados. Por exemplo, as pessoas que serão medidas e pesadas não poderão estar de sapatos ou com roupas, pois esses itens influenciarão os resultados. Esse tipo de procedimento e mais alguns outros devem ser levados em conta enquanto as medições são feitas, a fim de se preservar a consistência da pesquisa.

O levantamento de dados das dimensões antropométricas a serem utilizadas como padrões devem ter no mínimo duzentas pessoas (ou amostras) – exigência da Organização Mundial da Saúde (OMS). Entretanto, na antropometria, amostras de trinta a cinquenta pessoas já podem ser satisfatórias, desde que as populações (entre sexo, faixa etária etc.) não sejam misturadas. Com essa medida, os levantamentos situarão entre 90% e 95% de nível de confiança (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 61).

A estatística descritiva é utilizada para apresentação dos dados antropométricos coletados, com produção de gráficos de linha ou de barras, através de histogramas e com a utilização de gráficos circulares ("em pizza"). As análises estatísticas mais simples visam determinar certas grandezas como: tendência central (por média aritmética, mediana e moda; medidas de dispersão por variância e desvio-padrão).

A média aritmética é obtida pela soma de todos os valores dividida pela quantidade de medições realizadas. A mediana é o valor que ocupa o ponto médio quando forem ordenados de forma crescente ou decrescente. Assim, metade da população ou da amostra terá valores inferiores ou iguais à mediana, e a outra metade da população ou da amostra terá valores superiores ou iguais à mediana. Quando o número de dados (n) for ímpar, a mediana será o valor central, e quando o número de dados (n) for par, a mediana é calculada pela média dos dois pontos centrais (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 60).

Quase todas as grandezas naturais seguem a distribuição normal, chamada de curva de Gauss. A distribuição normal é representada por dois parâmetros: a média da população, representada pela letra grega *micro* (μ), e o desvio-padrão, representado pela letra grega *sigma* (σ). Caso todas as medidas sejam iguais, não haverá desvio de padrão, ou seja, iguala-se a zero. Se o desvio-padrão for pequeno, os valores estarão próximos à média. E se ele for alto, significa uma dispersão das medidas em torno da média. Por exemplo, a diferença do perímetro encefálico entre as pessoas é baixa, pois os tamanhos das nossas cabeças não diferem muito. Por sua vez, os perímetros dos nossos abdomes apresentarão grandes diferenças, portanto, um desvio-padrão maior – Sendo que a população jovem apresentará um desvio-padrão menor do que a população adulta (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 61).

Em um gráfico, a distribuição normal ganhará forma de um sino, como podemos ver na imagem das figuras 1 e 2, geralmente é a distribuição dos valores é simétrica, em torno de um valor médio. Quando o desenho do sino for mais fechado, o desvio-padrão será menor; e quando o desenho do sino for mais aberto, o desvio-padrão será maior. Caso não haja dispersão, o resultado do gráfico terá uma linha reta. Caso haja muita dispersão, o gráfico apresentará uma linha horizontal (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 61).

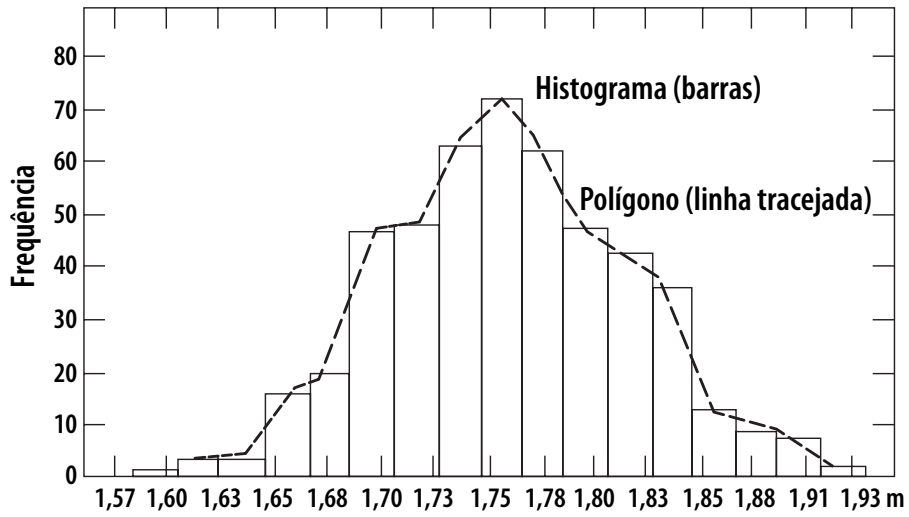


Figura 2 – Exemplo de histograma e polígono de frequência
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 33)

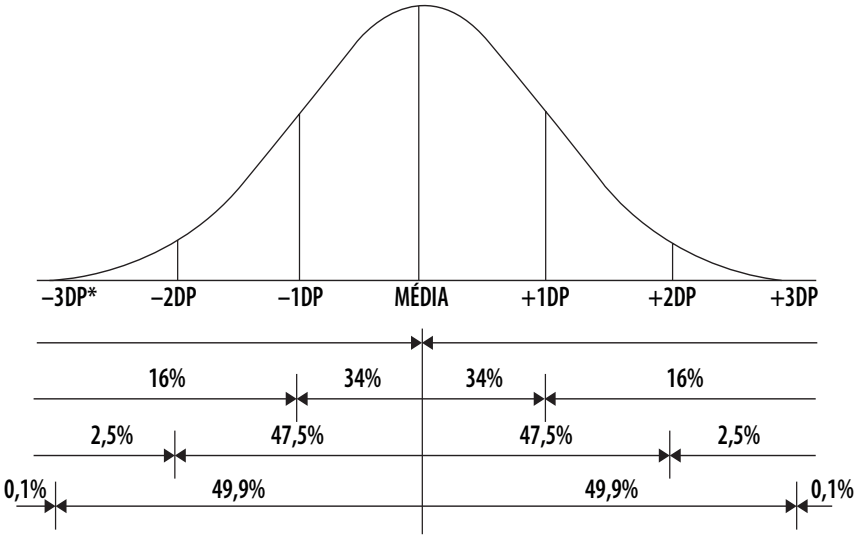


Figura 3 – Exemplo sob uma curva normal (DP: desvio-padrão)
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 33)

Ao fazer análise estatística, a variável pode ser dividida em classes ou intervalos. Assim, uma amostra de população de altura entre 156 a 201 centímetros pode ser dividida em quinze classes, com intervalo de três centímetros. A primeira classe seria de 156 a 158,9 centímetros; a segunda, entre 159 a 161,9 centímetros; e assim continuamente, até chegar à decima quinta (e última) classe. Com as frequências organizadas, pode-se construir o histograma, constituído por barras de alturas proporcionais às frequências de cada classe. Definindo os patamares do histograma, une-se os pontos para ter um polígono de frequência, e é esse gráfico que apresentará o desenho de um sino. Também é possível construir um gráfico somando as percentagens das frequências e obtendo uma curva de percentagens acumuladas. Segue exemplo de Tabela 1 com distribuição de frequência das estaturas e os gráficos resultantes do levantamento (Figura 4).

Tabela 1 – Frequências de estaturas

Distribuição das frequências das estaturas de 2.960 cadetes da Força Aérea dos Estados Unidos (Chapanis, 1962)				
Classe	Intervalo (cm)	Frequências absolutas	Frequências acumuladas	Percentagens acumuladas
1	156-158,9	3	3	0,1%
2	159-161,9	17	20	0,7%
3	162-164,9	68	88	3,0%
4	165-167,9	208	296	10,0%
5	168-170,9	377	673	22,7%
6	171-173,9	467	1.140	38,5%
7	174-176,9	575	1.715	57,9%
8	177-179,9	522	2.237	75,6%
9	180-182,9	358	2.595	87,7%
10	183-185,9	226	2.821	95,3%

Distribuição das frequências das estaturas de 2.960 cadetes da Força Aérea dos Estados Unidos (Chapanis, 1962)				
Classe	Intervalo (cm)	Frequências absolutas	Frequências acumuladas	Percentagens acumuladas
11	186-188,9	87	2.908	98,2%
12	189-191,9	42	2.950	99,7%
13	192-194,9	7	2.957	99,9%
14	195-197,9	2	2.959	100,0%
15	198-200,9	1	2.960	100,0%
	Total	2.960	2.960	100,0%

Fonte: Adaptado de IIDA e BUARQUE (2016, p. 204)

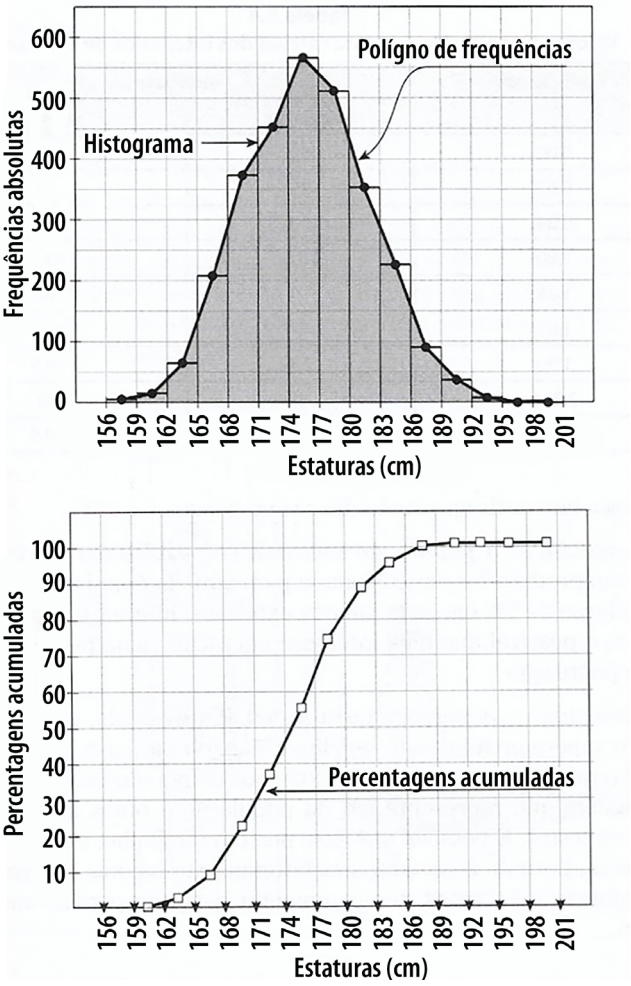


Figura 4 – Gráficos de representação das frequências de estaturas
Fonte: IIDA e BUARQUE (2016, p. 205)

As tabelas e os bancos apresentam dados antropométricos por percentis. Os percentis são medidas estatísticas que permitem a amostra ordenada (em ordem crescente dos dados) em 100 partes, cada parte com uma percentagem de dados aproximadamente igual (LIDA; BUARQUE, 2016, p.185).

Não trabalhamos com a média aritmética, e sim com um gama de variações. Para projetar para toda a população, devemos selecionar um segmento da porção central. Esquecemos os extremos das pontas e trabalhamos com 90% do grupo

populacional. População dividida por 100 categorias percentuais: 1° percentil de estatura equivale a 99% da população; percentil 50 equivale a valor médio da população; e percentil 95 equivale a 5%. O percentil refere-se somente à uma dimensão corporal: um homem pode ser percentil 50° na estatura e 40° na altura do joelho, 60° no comprimento da mão. Como no gráfico a seguir (Figura 5), que cada linha representa um indivíduo e que esse apresenta percentis diferentes a cada dimensão corporal (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 34-35).

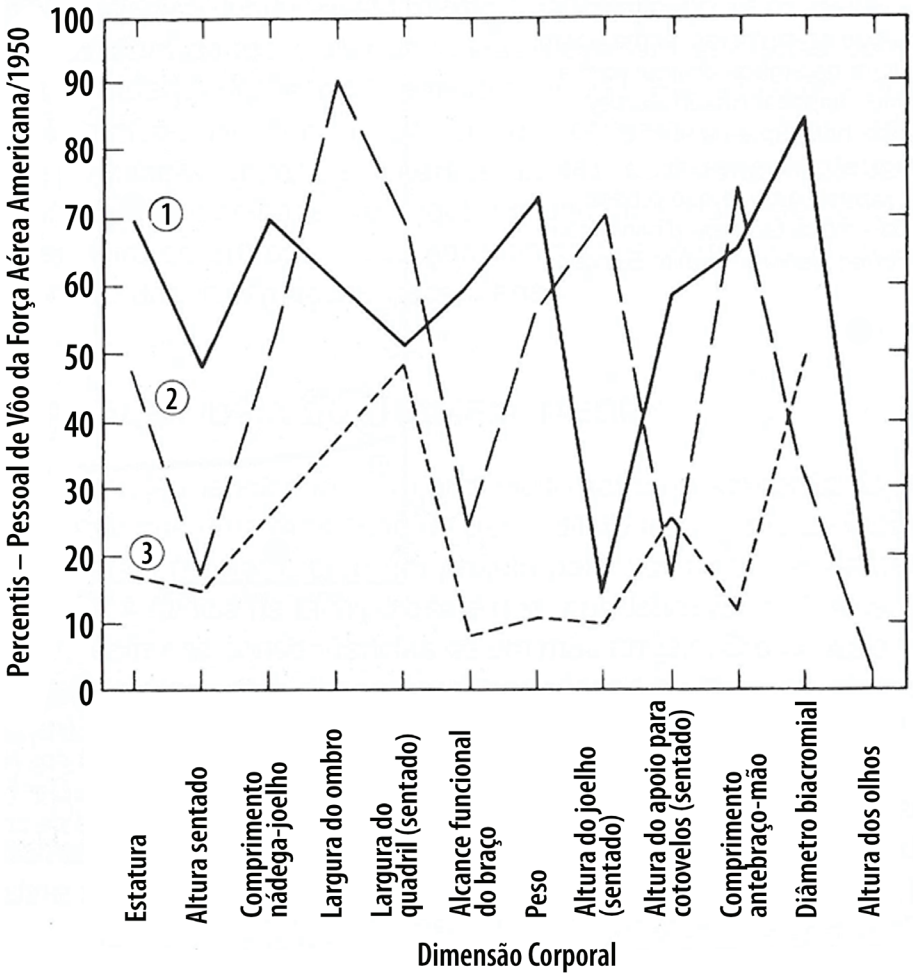


Figura 5 – Gráfico indicando percentis diferentes no mesmo indivíduo
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 34-35)

O Manual do Acompanhamento da Criança é um exemplo, dentro do nosso cotidiano, de tabela com medidas antropométricas que utiliza de percentil. Na Figura 6, verificamos que cada curva representaria um percentil – a linha preta, mais baixa, seria uma linha de expectativa de crescimento de um bebê pequeno que representaria o percentil 5; a linha intermediária, de cor verde, representaria um bebê mediano de um percentil 50; e a última linha preta e mais alta representa um bebê grande de percentil 95. Fora da área entre a primeira e última curva, teríamos bebês que apresentam pesos diferentes à maioria da população. O manual possui dois modelos, o feminino e o masculino, sendo assim, também podemos distinguir os percentis em percentil mulher e percentil homem. Geralmente, o percentil homem é maior do que o percentil mulher.

O manual é oferecido aos pais do recém-nascido pelo Sistema Unificado de Saúde (SUS), distribuído conforme o sexo da criança. As diferenças entre os modelos são os gráficos de peso *versus* idade (Figura 6), o gráfico de comprimento *versus* idade e o gráfico de perímetro encefálico *versus* idade. Isso pois existem diferenças entre os sexos desde quando os bebês nascem. A média entre peso e comprimento dos recém-nascidos meninos é um pouco maior do que a média das bebês meninas e o crescimento será avançado até alcançar 9 anos. A partir dos 10 anos de idade, com a entrada da puberdade, a diferença entre os sexos ficará mais acentuada.

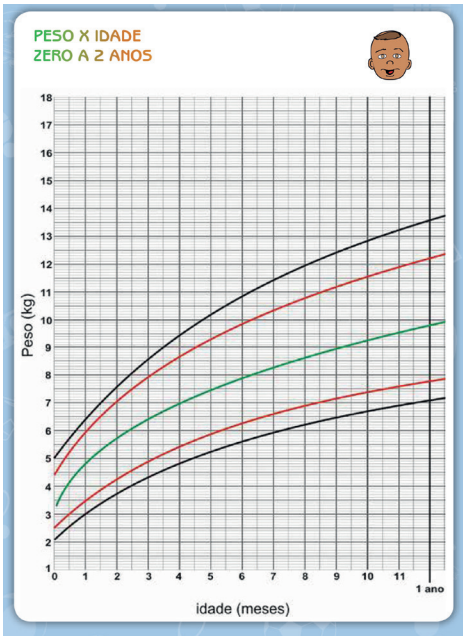


Figura 6 – Manual do acompanhamento da criança
Fonte: Ministério da Saúde – Caderneta de Saúde da Criança, 2018

Na idade adulta, os homens apresentarão ombros mais largos e tórax maior, clavículas mais longas, escapulas mais largas e as bacias relativamente estreitas. As cabeças, os pés e as mãos dos homens serão maiores e os braços mais longos. Os homens terão ainda proporcionalmente mais músculos do que gordura. Por sua vez, as mulheres terão ombros mais estreitos, tórax menor e mais arredondado, com bacias mais largas. Diferentes, ambos os sexos acumulam gordura no corpo durante a vida adulta, sendo que os homens acumularão mais gordura na região da barriga e as mulheres nas regiões dos seios, quadril e nádegas (LIDA; BUARQUE, 2016). As indústrias de vestuário, de mobiliários, elevadores, assentos de ônibus consideram essas diferenças para definirem as medidas de seus produtos.

Barriga do homem não é igual à da mulher: a diferença está no lugar em que as células gordurosas se acumulam. Disponível em: http://bit.ly/31gRDFl

Antropometria Estática e Dinâmica

As medidas antropométricas que condicionam as medições e posterior aplicação dos resultados obtidos são a antropometria estática ou estrutural, e a dinâmica ou funcional.

A maior parte das tabelas são antropometria estática, com medições realizadas em partes do corpo, entre pontos anatômicos identificados e com o corpo parado. Geralmente, a antropometria estática é utilizada para dimensionar postos de trabalho que o usuário fará pequenos movimentos. Todavia, os usuários não se limitam a movimentos de pouca amplitude, necessitando de alguns ajustes – esses definidos pela antropometria dinâmica (LIDA; BUARQUE, 2016).

Veja quais são os principais pontos anatômicos em: https://bit.ly/2UlBfCh

Na antropometria dinâmica, o alcance dos movimentos é medido com alguns membros do corpo em movimento. Os movimentos de segmento corporal são medidos separadamente. A antropometria dinâmica é aplicada em postos de trabalho que exigem maiores amplitudes de exercício, como, por exemplo, funcionários de caixas de supermercado que executam movimentos enquanto estão sentados. Outra situação seria de trabalhadores que deveriam alcançar ou manipular peças enquanto estão em movimento, como operadores nas linhas de produção dentro de uma fábrica (LIDA; BUARQUE, 2016).

Autores especializados podem considerar a antropometria funcional como um terceiro tipo de dimensionamento (mesmo que também se refira a medidas feitas durante o movimento). E isso se deve pela medição do conjunto de movimentos mais complexos necessários para executar determinada tarefa. Por exemplo, alcançar objetos sobre uma mesa – movimento que se sente necessidade de mover algumas partes diferentes do corpo, como esticar os braços e o avançar o tórax.

Em síntese, a antropometria dinâmica para medidas relacionadas ao alcance, e a antropometria funcional, para medidas que impactam na execução de tarefas (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 212).

As medidas estruturais ou estáticas incluem medidas da cabeça, tronco e membros em posições padronizadas e utilizam instrumentos básicos de medição de partes do corpo e seu uso, como réguas antropométricas, medidores de braços, compasso de calibre, paquímetro e trena antropométrica (PANERO; ZELNIK, 2013). A seguir, uma ilustração das medidas mais importantes na Figura 7.

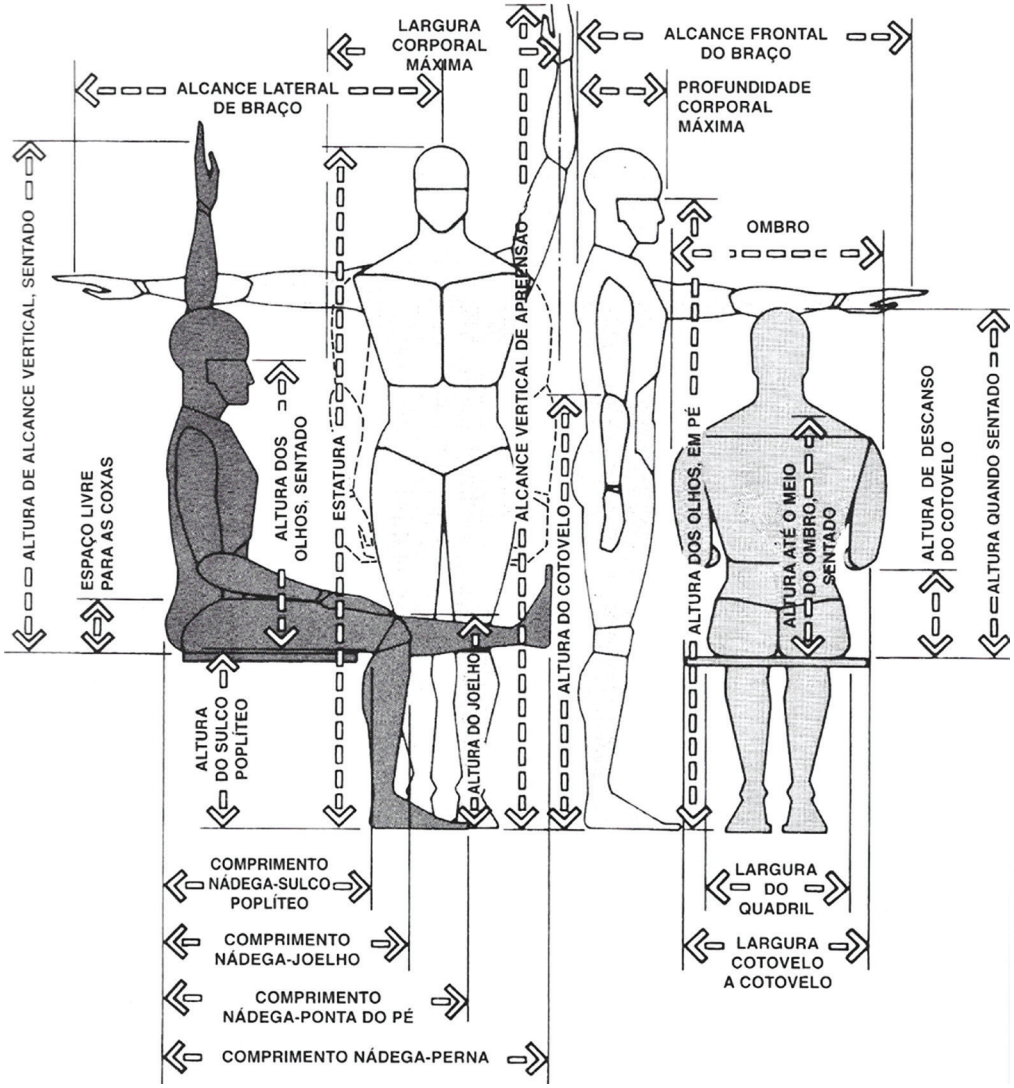


Figura 7 – Medidas corporais de maior uso pelos designers
Fonte: PANERO e ZELNIK (2013, p. 30)

Existem termos técnicos para os movimentos musculares, a abdução refere-se a movimentos dos membros que tendem a afastar-se do corpo e de suas posições normais de descanso, e a adução para movimentos que se aproximam do corpo. O braço, ao se movimentar acima da horizontal, exerce a flexão, e ao mover-se para baixo, exerce extensão. O movimento de girar o antebraço sobre o cotovelo é chamado de rotação lateral; e o oposto, rotação medial. A mão pode fazer

a rotação com o polegar, sendo pronação ao girar para dentro, e supinação, ao girar para fora. A mão pode ser fechada flexionando os dedos e pode se estender movendo os dedos para fora. Ainda sobre a mão, ela pode deslocar em relação ao eixo do punho, sendo chamado desvio ulnar o movimento horizontal em direção ao dedo mínimo, e desvio radial em direção ao polegar – entre vários outros movimentos voluntários que os indivíduos podem fazer (LIDA; BUARQUE, 2016). Observe as ilustrações de movimentos articulares nas figuras de 8 a 17.

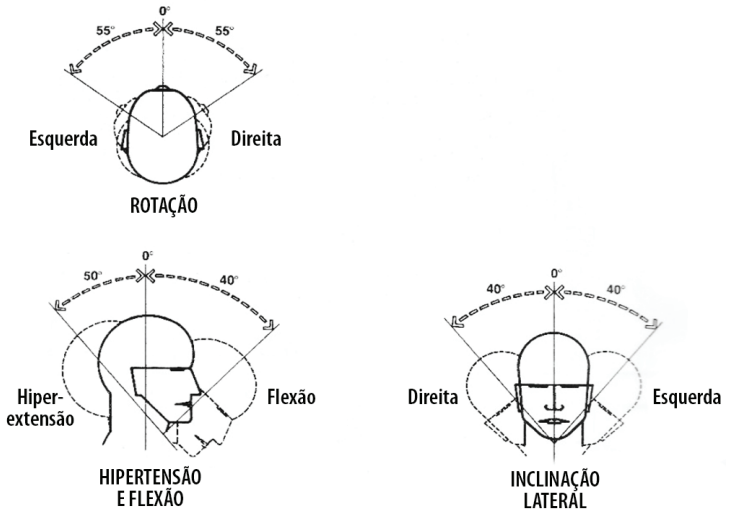


Figura 8 – Movimentos articulares do pescoço
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 115)

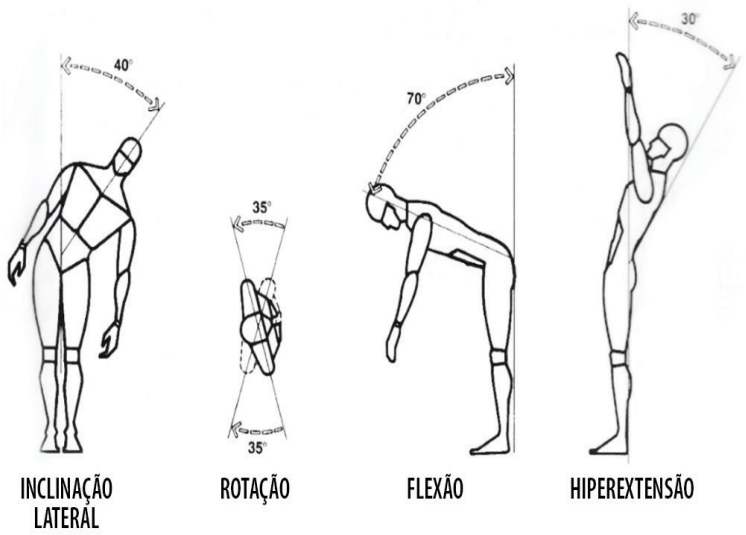


Figura 9 – Movimentos articulares da coluna vertebral
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 115)

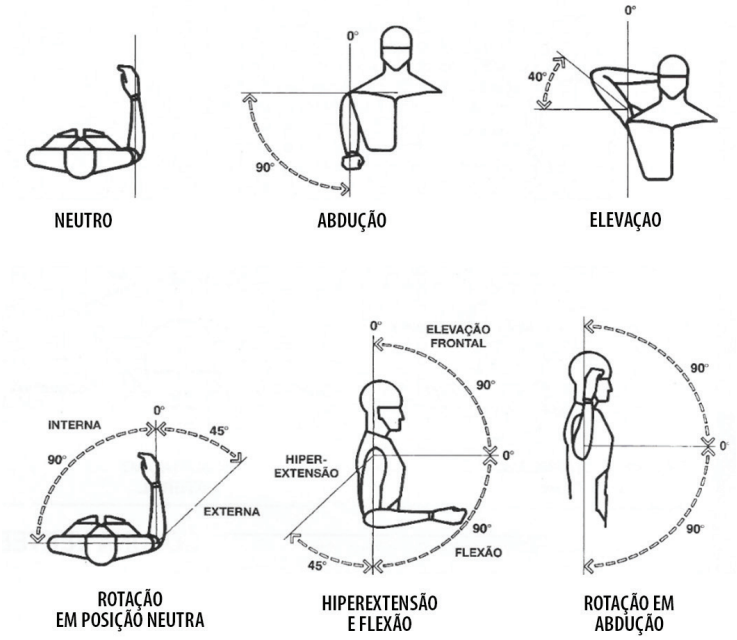


Figura 10 – Movimentos articulares do ombro
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 116)

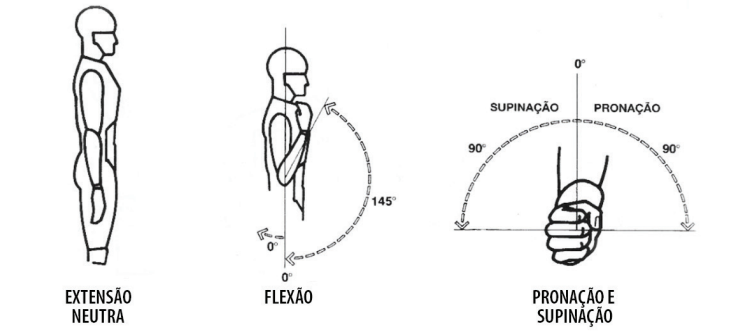


Figura 11 – Movimentos articulares do cotovelo e antebraço
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 115)

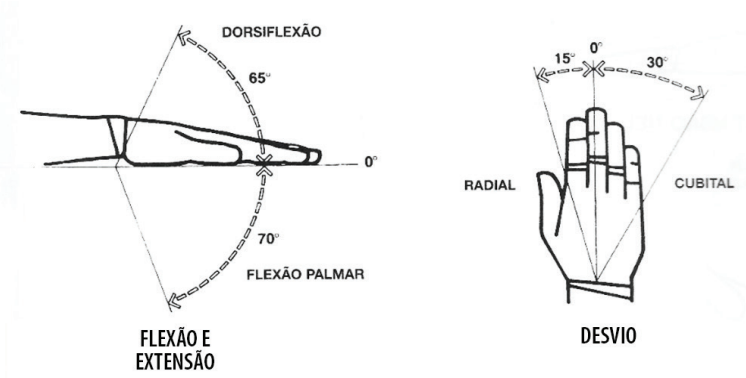


Figura 12 – Movimentos articulares do pulso
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 117)

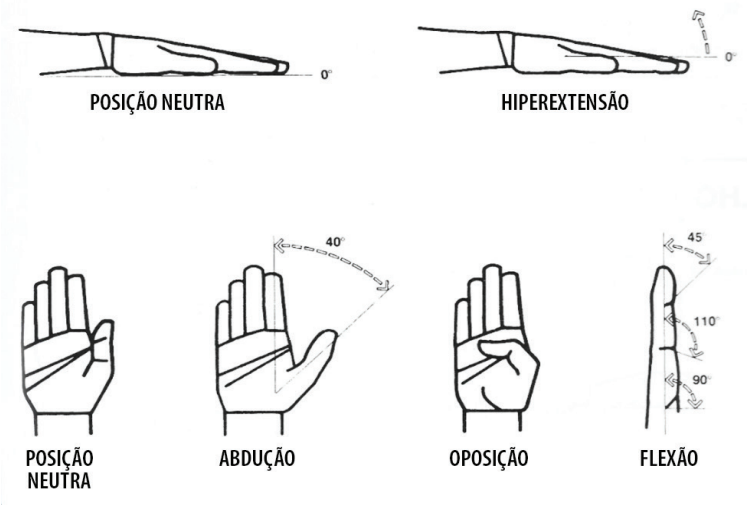


Figura 13 – Movimentos articulares dos dedos
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 117)

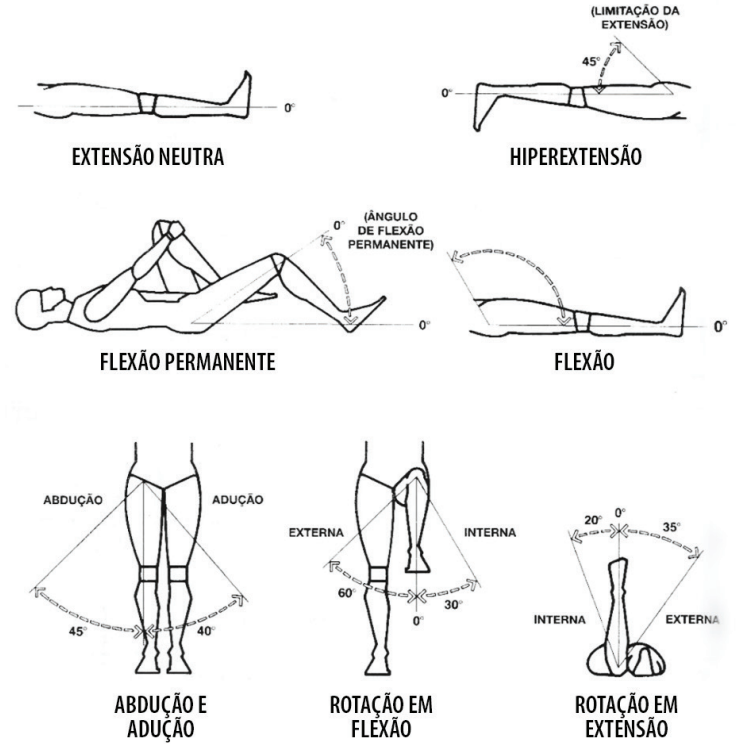


Figura 14 – Movimentos articulares do quadril
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 118)

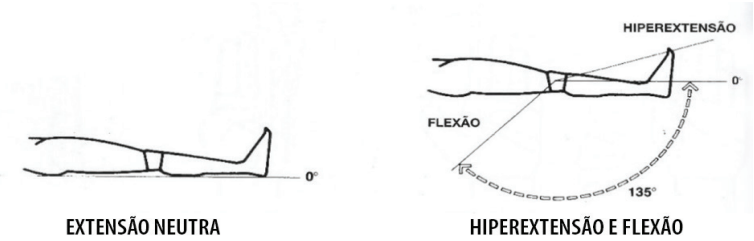


Figura 15 – Movimentos articulares do joelho
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 118)

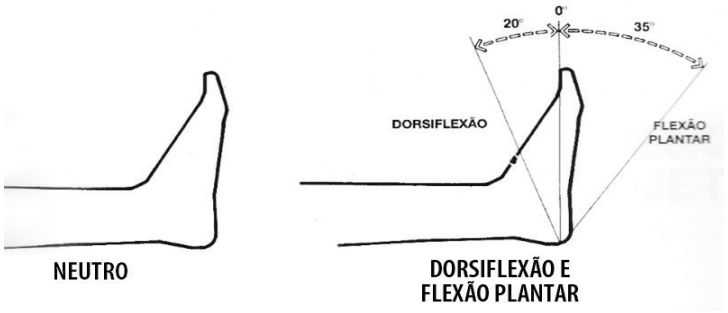


Figura 16 – Movimentos articulares do tornozelo
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 119)

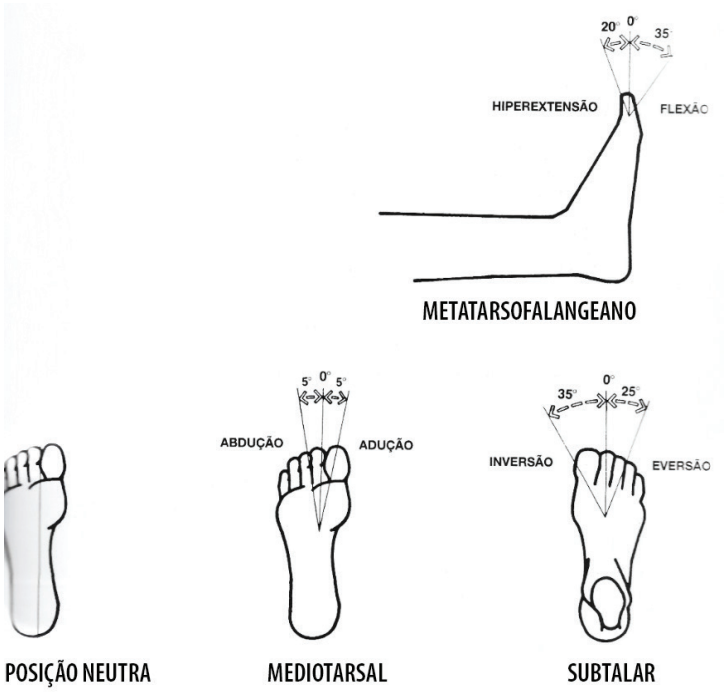


Figura 17 – Movimentos articulares do pé
Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 119)

Os métodos para antropometria dinâmica e funcional podem ser diretos e indiretos. Os diretos utilizam de acelerometria – para obter a velocidade dos movimentos – e goniometria – para obter os ângulos entre segmentos corporais. Ou seja, equipamentos que medirão a antropometria dinâmica ou estrutural.

Uso de acelerômetro para medir movimentos de idosos a fim de criar mecanismos para evitar suas quedas. Disponível em: http://bit.ly/3aXG2Q8

Os métodos indiretos analisam a postura e o movimento por meio de imagem, valendo-se do avanço tecnológico de câmeras fotográficas e de vídeo e *softwares*, a análise da postura e do movimento feita por fotogrametria e videogrametria.

Coletam dimensões lineares, centro de gravidade e massas segmentares do corpo, filmando movimentos. E, por fim, velocidade e acelerações angulares. Tudo para obter dados sobre a posição, velocidade e aceleração segmentar que permitam calcular o alcance e a força (LIDA; BUARQUE, 2016).

Construção de Modelos Humanos

Os modelos humanos são feitos a partir de medidas antropométricas e servirão para projetos e avaliações de produtos, postos de trabalho e ambientes. Os modelos podem ser bidimensionais, tridimensionais, computacionais ou matemáticos. Podem ter diferentes graus de detalhamento e de realismo na representação do corpo humano (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 217).

Os modelos mais conhecidos são feitos em 2D (bidimensionais) ou em 3D (tridimensionais). O modelo bidimensional pode ser produzido em madeira, papelão ou plástico, com diversas escalas e tamanhos, representando mulheres e homens com percentis 5, 50 e 95. Mas, por ser uma representação planificada, não permite ter as vistas laterais, frontais e superiores (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 217).

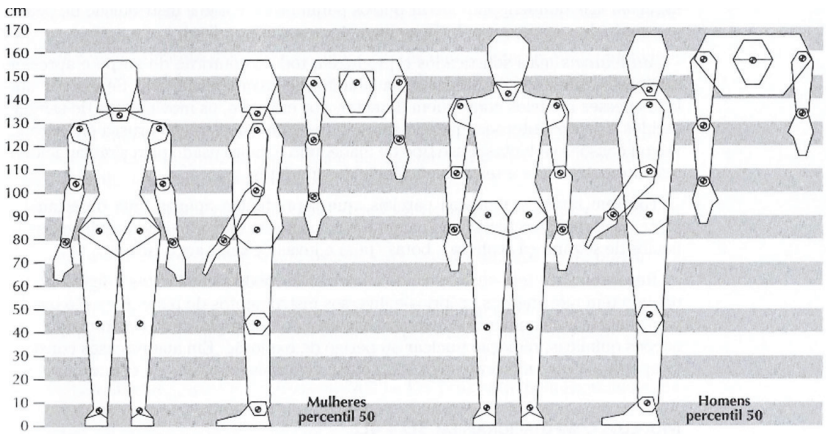


Figura 18 – Exemplos de modelos bidimensionais
Fonte: IIDA e BUARQUE (2016, p. 219)

Os modelos tridimensionais são os que conhecemos como manequins. Com eles pode-se avaliar o dimensionamento de espaços, a distribuição de pesos, momento de inércia, resistência ao impacto etc. Podem chegar a apresentar características do corpo humano, como peso, dureza, resistência a colisões etc. Esses modelos mais sofisticados são utilizados em testes automobilísticos. Os modelos tridimensionais podem representar partes do corpo, para testar capacetes e óculos (cabeça), botas (pé), luvas (mão) (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 220).

Os avanços da tecnologia permitiram realizar medições rápidas e precisas por meio de escaneamento produzindo um modelo volumétrico virtual. Os *softwares* de medições antropométricas são capazes de medir o volume de um membro da

parte do corpo, a área da superfície, o centro de gravidade e os momentos de inércia – dados importantes para a biomecânica e modelamentos de posturas e movimentos. Os modelos computacionais podem ser representados em 3D, em três direções, ou em 4D, quatro dimensões. A maior diferença é que o modelo 4D permite simular os movimentos de humanos interagindo com o produto ou o espaço projetado (PANERO; ZELNIK, 2013).

Aplicações de Dados Antropométricos

A padronização de medidas é um desafio que deve considerar as características do público-alvo ou dos usuários do projeto; as variáveis antropométricas e níveis de confiabilidade adequados à situação; tabelas ou banco de dados confiáveis que apresentem as medidas exigidas; a realização de medições diretas de uma amostra significativa do público-alvo ou dos usuários do projeto; aplicação adequado dos dados antropométricos; utilização de protótipos do produto ou serviço em condições reais de uso para verificar se ajustes ainda são necessários (LIDA; BUARQUE, 2016).

Antes de fazer uma tabela antropométrica, devemos considerar os fatores que influenciam as medições: faixa etária, gênero, etnia, a profissão (muitas amostras que alimentaram tabelas oficiais dos países eram militares), época (evolução dos povos por grandes acontecimentos), além das condições das pessoas durante as medições (em relação ao que as amostras vestiam ou calçavam). Com tantos fatores a se considerar, podemos perceber que dificilmente um indivíduo terá todas as medidas do seu corpo dentro do padrão médio. Por isso, o conceito de homem médio ou padrão não existe – refere-se à uma abstração matemática.

A padronização de medidas de um projeto ou de um produto exige a aplicação de dados antropométricos, garantindo o conforto e a segurança dos usuários. Para isso, seguem alguns princípios de aplicação dos dados antropométricos:

1. Primeiro princípio: os projetos são dimensionados para a média da população (ou seja, para o percentil 50°). Esse princípio pretende causar o mínimo de inconveniência e dificuldade para a maioria dos usuários, e é utilizado em produtos de uso coletivo, por exemplo, mobiliários urbanos, assentos de auditórios e transportes coletivos;
2. Segundo princípio: os projetos são dimensionados para um dos extremos da população (ou seja, representantes do percentil 5° ou 95). Utilizado na maioria das circunstâncias, pois os projetos têm sempre uma variável limitante envolvida, como o alcance do braço, geralmente projetado para os usuários menores;
3. Terceiro princípio: os projetos apresentam dimensões reguláveis – são produtos passíveis de regulagens para adaptação de seus usuários individuais. Por exemplo, muletas com regulagens de alturas, cadeiras com regulagens na altura do assento e ângulo de encosto etc. Pode-se utilizar parafusos,

manivelas ou mesmo sistemas motorizados, de qualquer forma, constituem os pontos mais frágeis do produto;

4. Quarto princípio: os projetos são dimensionados para certa faixa da população, por exemplo, os tamanhos P, M e G – pequeno, médio e grande. Podem ainda se tornarem mais precisos, como em casos de calçados. Não representam grande variedade de tamanho, pois isso aumentaria os custos de fabricação;
5. Quinto princípio: os projetos são adaptados ao indivíduo, caso de aparelhos ortopédicos, roupas de alfaiataria, sapatos encomendados etc. Geralmente são produtos com custos mais elevados. A adaptação pode significar a segurança dos usuários, em casos mais extremos, justificando o investimento. Isso fica evidente em casos como as roupas de astronautas ou os carros de Fórmula 1 (LIDA; BUARQUE, 2016).

Os princípios do Desenho Universal (desenvolvidos pela Universidade da Carolina do Norte em 1990) apresentam recomendações para atender à maior gama de variações possíveis das características antropométricas e sensoriais da população. Sendo eles: 1. Igualdade de uso; 2. Flexibilidade de uso; 3. Uso simples e intuitivo; 4. Informação perceptiva; 5. Tolerância ao erro; 6. Pouco esforço físico; 7. Tamanho e espaço para aproximação e uso. O desenho universal prevê que quanto mais restrições forem consideradas, maior será o público a tendido.

Um exemplo prático é a Norma Brasileira ABNT *9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos,* ao obedecer a seus dimensionamentos, certamente o projetista atenderá a mais de 90% da população. Um banheiro com dimensões que permitem o movimento de um cadeirante, e conta com equipamentos como torneiras com alavancas e barras de apoio, atende com conforto os usuários que não são cadeirantes.

Espaço de Trabalho

O espaço de trabalho refere-se ao espaço volumétrico que imaginamos ser necessário para realizar os movimentos requeridos durante o trabalho. Muitos trabalhos requerem deslocamentos como andar, correr, subir degraus, mas a maioria das ocupações da vida moderna é desempenhada com o trabalhador relativamente estático, realizando movimentos de amplitudes pequenas, até mesmo sedentários (trabalhadores que passam a maior parte do tempo sentados) (LIDA; BUARQUE, 2016).

Para dimensionar o espaço de trabalho, devemos considerar uma combinação entre diferentes representantes de percentis (homens e mulheres de diversas estaturas). O projetista pode utilizar os dados antropométricos de um percentil masculino de 95° para definir as dimensões, e o percentil feminino de 5° para definir as distâncias dos alcances (LIDA; BUARQUE, 2016).

O fator mais importante a ser considerado no dimensionamento do espaço de trabalho é a postura, podendo ser deitada, sentada ou em pé. A antropometria dinâmica será aplicada para esse critério de dimensionamento. Outro fator importante é o tipo de atividade manual a ser desenvolvida no espaço de trabalho – o trabalho exige agarramentos com o centro da mão? Há alavancas ou registros? Essas devem estar mais próximas do operador se compararmos aos operadores que precisam pressionar um botão. Nesse caso, a antropometria funcional que seria aplicada (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 236).

Os vestuários devem ser levados em conta no dimensionamento do espaço, isso porque existem vestuários que limitam os movimentos de seus usuários. Isso ocorre de forma corriqueira, como a utilização de saltos altos, de casacos grossos de frio, carregamento de mochilas, malas ou mesmo mães com bebês. A limitante também pode vir da utilização de equipamentos de proteção individual, os EPIs, como, por exemplo, os coletes de policiais (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 236).

Ainda no espaço de trabalho, espaços pessoais podem ser previstos, onde as pessoas guardam seus itens pessoais e artigos de higiene. O dimensionamento para esses espaços considera a área de armazenamento mais a área de sua circulação ao redor do mobiliário (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 237).

Superfícies Horizontais

A mesa é onde escrevemos, lemos, montamos, inspecionamos, apoiamos nossos equipamentos e por isso ela merece uma atenção especial da ergonomia. As superfícies horizontais de trabalho possuem duas variáveis importantes no seu dimensionamento: a sua altura e as dimensões da superfície de trabalho. Em geral, a altura da mesa é conjugada com a altura da cadeira – caso a mesa tiver uma altura fixa, a cadeira deve terá altura regulável, a fim de apoiarmos os cotovelos na mesa e os pés no chão. Em casos de balcões, a cadeira deve ser ajustável para ser possível apoiar os cotovelos na superfície de trabalho, além de ter apoio para os pés, de forma a não estender a coxa do usuário.

A altura da mesa pode variar entre 54 centímetros (atendendo um percentil de mulher para os 5°) e 74 centímetros (atendendo um percentil de homem para os 95°). A baixa altura da mesa pode provocar a inclinação do tronco para frente, causando uma cifose lombar. Uma mesa alta provoca abdução e elevação dos ombros, causando fadiga (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 237). Para melhor adaptação do corpo à superfície, podemos prever alturas diferentes para os equipamentos ou dispositivos que utilizamos enquanto exercemos um trabalho. Assim, podemos constituir a mesa em várias peças, com um rebaixo para a área do teclado (de 3 a 5 centímetros) e suportes para manter os monitores e outras telas na altura da linha dos nossos olhos – observe as diferentes formas de adaptação de alturas na superfície de trabalho na Figura 19.

Figura 19
Fonte: Divulgação/Hermanmiller

As dimensões da superfície devem permitir o apoio das peças a serem trabalhadas e os movimentos necessários à tarefa, além de que seja possível alcançar os instrumentos sem se levantar. Em relação à profundidade, a área da superfície de trabalho logo à frente do operador, onde ele pode manipular com ambas as mãos os objetos, chama-se área ótima e possui aproximadamente 30 x 35 centímetros.

Além dessa área, exige-se movimentos de alcance dos objetos. O alcance que o usuário precisa somente mover os braços chama-se alcance ótimo, e ele se define em um raio de 35 a 45 centímetros em cada um dos lados do operador. Sendo assim, a largura resultaria na soma desses raios mais a largura dos ombros do operador – aproximadamente 100 centímetros ou 1 metro.

Ainda, existe uma área de alcance máximo, onde o usuário precisa estender o braço (sem se debruçar na mesa). Essa área tem o raio entre 55 e 65 centímetros da face da mesa, resultando em uma profundidade útil de 50 centímetros para a superfície de trabalho e de largura de 160 cm, considerando os lados esquerdo e direito e a largura ombro do operador (verifique a Figura 20).

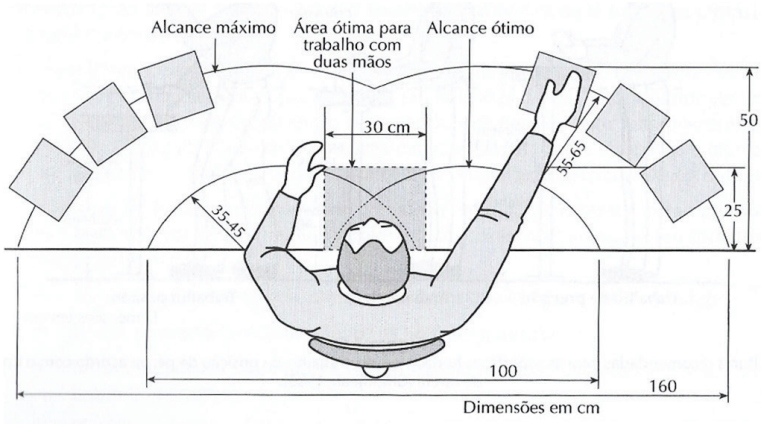


Figura 20 – Áreas de alcance ótimo e alcance máximo numa superfície horizontal
Fonte: IIDA e BUARQUE (2016, p. 239)

Dessa forma, podemos refletir que mesas que apresentam dimensões acima de 70 centímetros de profundidade poderiam dificultar o alcance desses objetos. Mas essas áreas que não são alcançáveis poderiam ser úteis para instalações de equipamentos e de instalações elétricas, que não serão manuseadas frequentemente. Mesas com mais de 80 centímetros de profundidade já permitem atender à outra pessoa, temporariamente.

O Problema do Assento

O assento em forma de banquinho é utilizado desde 2050 a.C., bastante presente nos registros egípcios. Em 1600 a.C., surgiram as cadeiras, o que ainda significa um exercício rigoroso para os designers. Um dos motivos para isso é considerar como atividade estática o sentar, quando que a atividade na realidade é dinâmica (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 57).

Antigamente, existiam preconceitos em relação ao trabalho sentado, era considerado como ato preguiçoso. Contudo, sabe-se atualmente que existem diversas vantagens em trabalhar na posição sentada. Por exemplo, o trabalho sentado consome menos energia em relação à posição em pé, reduz a pressão mecânica sobre os membros inferiores em relação a essa posição e reduz a pressão hidrostática da circulação nas extremidades sobre os membros inferiores. Sobretudo, o trabalho sentado permite o uso simultâneo dos pés e das mãos (LIDA; BUARQUE, 2016).

Os postos de trabalho apresentam, em geral, duas posturas básicas: de pé e sentada. A posição semissentada não é usual para um posto de trabalho, pois ela é menos confortável comparada com as cadeiras tradicionais. Entretanto, podem representar um alívio, ao suportar o peso corporal. Ela é útil nos casos das mudanças rápidas entre as posturas sentadas e em pé, e ajudam a estabilizar a coluna (LIDA; BUARQUE, 2016).

Para o dimensionamento de assentos, ou para a escolha do assento mais apropriado, devemos considerar a antropometria, a finalidade e as preferenciais usuais. A antropometria considera por exemplo as diferenças entre as populações e é esse o motivo de encontrarmos diferenças entre dados de diferentes autores, como sugere a Tabela 2.

De qualquer forma, temos como referência a norma NBR 13962, referente a móveis para escritório, como cadeiras, requisitos e métodos de ensaio. As finalidades do assento referem-se às suas aplicações, ou as atividades que serão exercidas enquanto o usuário está sentado – um assento de motorista de transporte público é diferente de um assento em uso em um escritório. As preferências individuais devem ser consideradas, pois o conforto é uma sensação subjetiva, diferente em cada indivíduo (LIDA; BUARQUE, 2016, p. 249).

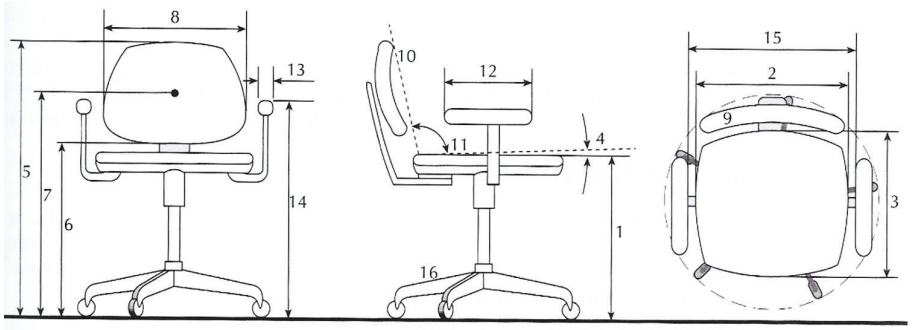


Figura 21 – Variáveis dimensionais da cadeira
Fonte: IIDA e BUARQUE (2016, p. 249)

Tabela 2 – Dimensões por diversos autores e pela NBR 13962

Autores	Diffrient, Tilley e Bardagjy	Panero e Zelnik	Grandjean	Normas Técnicas				
				BS	SS	DIN	CEN	NBR
Origem	EUA	EUA	Suíça	Inglaterra	Suécia	Alemanha	Europa	Brasil
ASSENTO 1 Altura 2 Largura 3 Profundidade 4 Inclinação (º)	35-52 41 33-41 0-5	36-51 43-48 39-41 0-5	38-53 40-45 38-42 4-6	43-51 41 36-47 0-5	39-51 42 38-43 0-4	42-54 40-45 38-42 0-4	39-54 40 38-47 0-5	42-50 40 38 2-7
ENCOSTO 5 Altura superior 6 Altura inferior 7 Altura frontal 8 Largura 9 Raio horizontal 10 Raio vertical 11 Ângulo assento/encosto (º)	– 15-23 23-25 33 31-46 – 100	– 10-20 19-25 25 – – 95-105	48-50 – 30 32-36 40-50 – –	33 20 – 30-36 31-46 convexo 95-105	– – 17-22 36-40 40-60 convexo –	32 – 17-23 36-40 40-47 70-140 –	– 10 17-26 36-40 mín. 40 – –	36 – 17-22 30,5 40 – –
APOIO DE BRAÇOS 12 Comprimento 13 Largura 14 Altura 15 Largura entre os apoios	15-21 6-9 18-25 48-56	 20-25 46-51		22 4 16-23 47-56	20 4 21-25 46	20-28 – 21-25 48-50	20 4 21-25 46-50	20 4 20-25 46
SAPATAS 16 Número de patas	–	–	5	–	–	–	–	5

Fonte: Adaptado de IIDA e BUARQUE (2016, p. 249)

Dinâmica do Sentar-se

Quando sentado, cerca de 75% do peso do indivíduo é suportado pelas tuberosidades dos ísquios apoiados em cerca de 26 centímetros quadrados – uma carga pesada em uma área pequena –, desse eito, surgem esforços de compressão aplicados na área inferior, as nádegas. Esse esforço pode causar fadiga e desconforto ao usuário do assento, que tentará mudar de postura para encontrar uma posição mais confortável. A permanência por longo período pode causar isquemia (diminuição ou suspensão da irrigação sanguínea), resultando em formigamento e dores no local. Veja nas figuras 22 e 23.

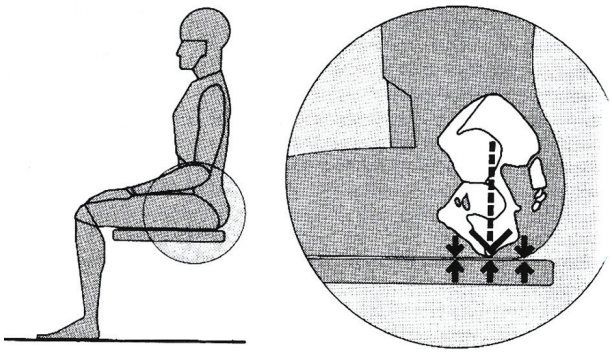


Figura 22 – Vista lateral de modelo sentado com detalhe das tuberosidades dos ísquios em vista lateral
Fonte: PANERO e ZELNIK (2013, p. 58)

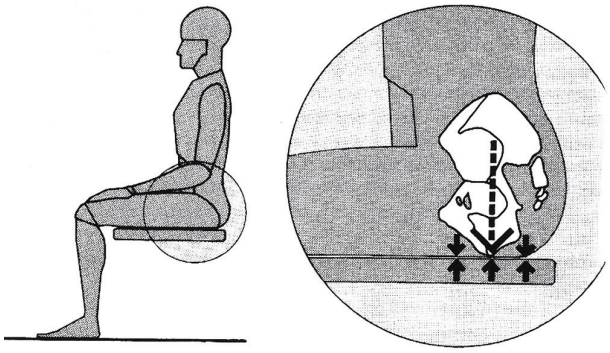


Figura 23 – Vista posterior de modelo sentado com detalhe das tuberosidades dos ísquios em vista lateral
Fonte: PANERO e ZELNIK (2013, p. 58)

> O projeto de assentos deve levar em conta a distribuição do peso corporal suportado pelas extremidades dos ísquios sobre uma área maior. Um estofamento adequado do assento poderia ser a solução para tal. É ainda evidente que o assento deve permitir que o usuário mude sua posição para aliviar o desconforto. A esse respeito, é essencial a utilização dos dados antropométricos adequados para se chegar as medidas e aos espaços livres necessários. (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 59)

Ao nos sentarmos, sentimos instabilidade, mesmo que tenhamos os dois pés apoiados no chão. Isso porque o centro de gravidade que nos confere equilíbrio está deslocado para fora corpo, à frente do umbigo – que obriga nossos músculos a trabalharem. Durante certo período na posição sentado, tentamos utilizar o corpo como um sistema de alavanca, para contrabalancear o peso da cabeça e do tronco. Alongar as pernas para a frente e travar as articulações dos joelhos ampliam a base de massa do corpo e reduzem o esforço de outros músculos para estabilizar o tronco. Outras posturas, tais como segurar o queixo com a mão enquanto cotovelo repousa no braço de uma cadeira ou no colo, apoiar a cabeça inclinando-a contra um apoio, são tentativas de estabilização corporal, proporcionando alívio ao sistema muscular e diminuindo o desconforto (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 59).

Análises Antropométricas

A Figura 24 demonstra as medidas antropométricas essenciais para o projeto do assento.

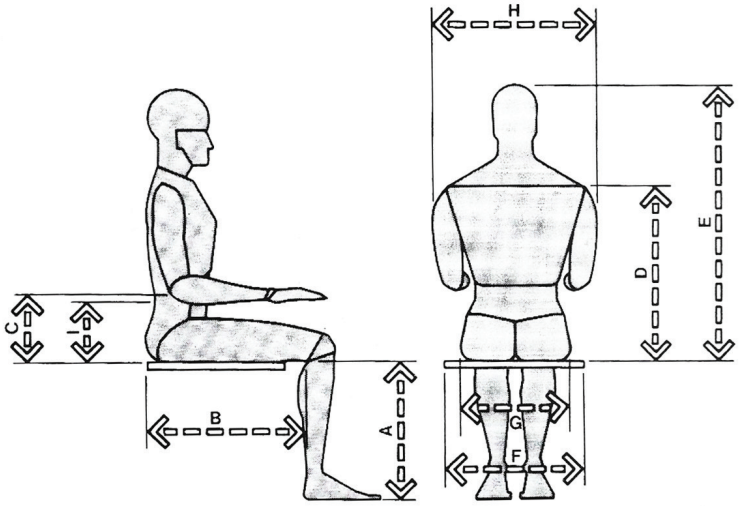


Figura 24 – Medidas antropométricas básicas para um projeto de assento
Fonte: PANERO e ZELNIK (2013, p. 61)

Tabela 3 – Tabela de medidas antropométricas básicas para um projeto de assento

	HOMENS		MULHERES	
	Percentil		Percentil	
	5	95	5	95
MEDIDAS	cm	cm	cm	cm
A Altura do sulco poplíteo	39,4	49,0	35,6	44,5
B Comprimento nádega-sulco poplíteo	43,9	54,9	43,2	53,3
C Altura de descanso dos cotovelos	18,8	29,5	18,0	27,9
D Altura dos ombros	53,3	63,5	45,7	63,5
E Altura, sentado normalmente	80,3	93,0	75,2	88,1
F Largura cotovelo a cotovelo	34,8	50,5	31,2	49,0
G Largura do quadril	31,0	40,4	31,2	43,4
H Largura do ombro	43,2	48,3	33,0	48,3
I Altura da região lombar	Ver nota.			

Fonte: Adaptado de PANERO e ZELNIK (2013, p. 61)

Para estabelecer o corpo, envolvemos a superfície do assento, as pernas, os pés e as costas que estarão em contato com outras superfícies, além de exercer uma certa força muscular. Caso os pés e as costas não contarem com apoios, o esforço muscular aumentará, podendo causar fadiga e desconforto. A esse respeito, as dimensões básicas, geralmente consideradas nos projetos de cadeiras e assentos, são: altura, profundidade e largura do assento, altura do encosto e altura e espaçamento dos apoios de braços (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 60).

Altura do Assento

> Uma das análises básicas no projeto de assentos é a altura do topo da superfície em relação ao piso. Caso esta superfície for muito alta, a parte inferior da coxa ficará comprimida, causando desconforto e dificultando a circulação sanguínea. E o corpo irá se desequilibrar pela as solas dos pés não estarem sendo apoiadas no chão. Caso a superfície do assento for muito baixa, as pernas podem ficar estendidas à frente, deixando os pés sem estabilidade. Entretanto, de modo geral, uma pessoa mais alta ficaria mais confortável em um assento baixo, do que uma pessoa baixa usando uma cadeira com assento muito alto.
>
> Do ponto de vista antropométrico, a altura poplítea ou o sulco poplíteo (distância entre o chão e a parte inferior da coxa, logo, atrás do joelho) deveria ser a medida das tabelas usadas como referência para estabelecer a altura adequada dos assentos. (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 60)

Para definir a altura do assento, utiliza-se das pessoas com menor estatura, que representam os percentis 5°, a indicação para essa altura seria de 35,6 centímetros para percentil feminino, e 39,4 centímetros para percentil masculino. Como as dimensões foram medidas com os indivíduos descalços, soma-se 3,8 centímetros, obtendo 39,4 centímetros e 43,2 centímetros (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 60). A Norma Brasileira NBR 13962, que especifica as dimensões e as características físicas dos assentos, recomenda a altura do assento entre 42 e 50 centímetros (LIDA; BUARQUE, 2016).

Lembre-se que o estofamento também influencia na altura do assento, pois ele pode ceder conforme seu tipo e resistência.

Profundidade do Assento

Outra análise básica no projeto de cadeiras e similares é a profundidade do assento. Se muito grande, a borda frontal da cadeira pressionará a área logo atrás dos joelhos, interrompendo a circulação sanguínea nas pernas e pés [...]. Para aliviar o desconforto nas pernas, o usuário pode mover suas nádegas para frente, mas, com isso, suas costas ficarão sem apoio, a estabilidade corporal será menor e maior força muscular será exigida para manter o equilíbrio, o resultado disso será fadiga, desconforto e dor nas costas. Assentos com pouca profundidade ocasionam uma sensação de estar caindo para a frente da cadeira, além de não ter, a parte inferior das coxas não é suportada (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 63).

A medida antropométrica ideal para estabelecer a profundidade adequada do assento é a medida do comprimento nádega-sulco poplíteo (distância horizontal da parte posterior até a perna, ou sulco atrás do joelho). No percentil 5 do comprimento nádega-sulco poplíteo, temos a medida 43,9 centímetros para homens, e 43,2 centímetros, para mulheres, portanto, um assento com 43,2 centímetros de profundidade acomodaria 95% de todos os usuários (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 63-65).

A Norma Brasileira NBR 13962 recomenda a profundidade do assento de 48 cm, medida acima do descrito pelos autores citados até aqui. A norma NBR 13962 também prevê a largura do assento de 40 centímetros, mais uma inclinação de 2 a 7°.

O Encosto

A função principal do encosto é dar suporte à região lombar. Além de prever um espaço livre para a parte posterior das nádegas. Porém, não há dados antropométricos suficientes relativos à região lombar e à curvatura da coluna. Com isso, consideramos o tipo e o uso pretendido da atividade para definimos a altura do encosto.

Entre os modelos de cadeiras, existem aqueles encostos mais baixos que possuem altura suficiente para apoiar a lombar, aqueles que apresentam o encosto até a nuca, ou ainda, cadeira com encosto de altura intermediária. Ainda devemos considerar o espaço livre para as nádegas, que podem ser vazios ou um resguardo entre o assento e o suporte da lombar. Revestimentos macios também acomodam essa região (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 66). O mais aconselhável seria escolher cadeiras que permitem o ajuste da altura do apoio de lombar conforme o usuário.

Entretanto, a NBR 13962 define o dimensionamento das partes do encosto a fim de garantir a qualidade da peça. Sendo: 36 centímetros para altura superior (do piso ao topo da cadeira); 17 a 22 centímetros para altura inferior (do piso ao início do encosto); 30,5 centímetros de largura do encosto (sem braços); e 40 centímetros de raio horizontal (curvatura que pode ser erificada em vista superior).

Apoio para os Braços

Os apoios para os braços suportam o peso dos braços e auxiliam o usuário a sentar-se e levantar-se. Os braços podem continuar apoiados durante o exercício do trabalho, ao manipular painéis de controle com botões ou controles.

A medida antropométrica adequada é a distância entre o piso e a altura de descanso dos cotovelos. Nesse caso, usuários com largura corporal mais estreita precisariam de descansos mais altos, isso porque, à medida que seus braços se abrem para atingir o apoio da poltrona, a distância vertical do cotovelo para o assento aumenta. Uma vez que não existe relação básica entre medidas transversais e aquelas do plano vertical, sugeriu-se que o apoio de braços atendesse à gama mais alta de altura de descanso do cotovelo. A maior altura, correspondente ao percentil 95 masculino, seria de 29,5 centímetros. Contudo, recomenda-se uma altura de apoio de braço entre 17,8 e 25,4 centímetros.

Entretanto, se a altura dos apoios for muito alta, o usuário abduzirá os braços ou elevará seus ombros, ocasionando fadiga e desconforto devido à atividade muscular (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 66). Alguns modelos de cadeiras possuem apoios de braços com alturas reguláveis, e esse seria um modelo ideal para um ambiente de trabalho.

No Brasil, a NBR 13962 define que os apoios para os braços sejam de 20 de comprimento, 4 centímetros de largura, 20 a 25 centímetros de altura, mais 46 centímetros de largura entre os apoios (espaço livre para o corpo).

Estofamentos

O objetivo de estofar os assentos é basicamente distribuir a pressão do peso do corpo no ponto de interface sobre uma superfície maior. Não devemos associar o conforto com a maciez e a opulência do estofado, pois esses causam maior fadiga e dor ao corpo. Isso porque os locais onde a estrutura óssea está próxima da pele são as áreas de maior desconforto potencial devido a esforços compressivos impostos ao tecido corporal. Estofado mau projetado pode oferecer alívio de compressão em detrimento da estabilidade corporal, com aumento da atividade muscular interna (PANERO; ZELNIK, 2013, p. 66).

Baseando-se em um homem de 78 quilos, recomenda-se que um assento médio revestido deveria ter 3,8 centímetros de revestimento de espuma média; 1,3 centímetros de revestimento bem firme; ou 5,1 centímetros de espuma para uma compressão máxima do assento de cerca de 3,8 centímetros. Para cada 13,6 quilos a menos, 6,4 milímetros deveriam ser deduzidos. Para cada 13,6 quilos adicionais, 6,4 milímetros deveriam ser acrescidos (DIFFRIENT *apud* PANERO; ZELNIK, 2013, p. 67).

A NBR 13962 também define o número mínimo de seis patas, a fim de garantir o equilíbrio e a segurança do usuário.

Em síntese, as finalidades para um projeto de assento são: proporcionar apoio adequado às tuberosidades isquiáticas; permitir frequentes mudanças de postura; ter um leve estofamento e arredondamentos, para permitir alívios de pressões sobre a musculatura; e proporcionar apoio adequado às tuberosidades isquiáticas, mantendo curvatura correta da coluna.

Material Complementar

Indicações para saber mais sobre os assuntos abordados nesta Unidade:

Vídeos

Tá explicado: assentos

http://bit.ly/2OoRLNV

Rethinking the way we sit down **(repensando o jeito que nós sentamos)**

http://bit.ly/2Uig5VD

Leitura

Móveis para escritório – Cadeiras – Requisitos e métodos de ensaio

ABNT NBR 13962:2018, versão corrigida. Publicada em 21 junho de 2018

Ensaios de Ergonomia

http://bit.ly/37WA6VF

Adquirindo e fabricando produtos ergonômicos

http://bit.ly/3853ZDv

Referências

AÑEZ, C. Ensaios de Ergonomia. **Antropometria na ergonomia.** Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://www.profala.com/artto20.pdf> Acesso em: 16 jan. 2020.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia:** projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores:** um livro para consulta e referência para projetos. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

Cruzeiro do Sul
Educacional